

В статті розглянута залежність фотометричних характеристик світлодіодів від температури. Особливу увагу приділено температурі переходу світловипромінювальних діодів.

УДК 621.382

Л.А. Назаренко, докт. техн. наук
Харківська національна академія
міського господарства

ТЕМПЕРАТУРНА ЗАЛЕЖНІСТЬ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВІЛОДІОДІВ

Температура переходу світлодіода (СВД) впливає на світловий потік, колір і її пряму напругу. Температура переходу може бути зумовленою температурою оточуючого середовища і самонагрівом, визваним дисипацією електричної потужності.

Рівняння для світлового потоку як функції температури ($^{\circ}\text{C}$) є таким:

$$\overline{\Phi}_v(T_2) = \overline{\Phi}_v(T_1) e^{-\kappa \Delta T_j} \quad (1)$$

де $\overline{\Phi}_v(T_1)$ - світловий потік при температурі T_2 , κ - температурний коефіцієнт, ΔT_j - зміна температури переходу ($T_2 - T_1$).

Типові температурні коефіцієнти для різних СВД високої яскравості приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Температурний коефіцієнт для високояскравісних СВД матеріалів	
Тип СВД матеріалу	Температурний коефіцієнт, κ
ASA _L InGap, червоно-помаранчевий	$9,52 \times 10^{-3}$
ASA _L InGap, янтарний	$1,11 \times 10^{-2}$
TSA _L InGap, червоно-помаранчевий	$9,52 \times 10^{-3}$
TSA _L InGap, янтарний	$9,52 \times 10^{-2}$

Зменшення потоку як функції збільшуючої температури для типового червоно-помаранчевого, поглинаючого шару (AS) або прозорого шару (TS) ASA_LInGap СВД показані на рис. 1. Відмітимо, що світловий потік нормовано за температури 25°C .

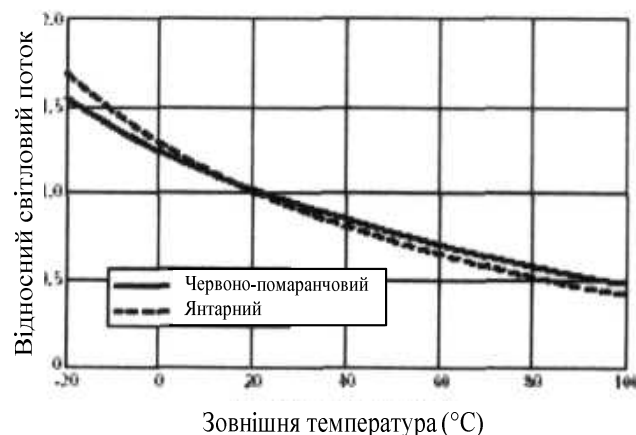


Рис. 1. Залежності світлового потоку від зовнішньої температури для типового червоно-помаранчевого AS/TS A_LALL_nGap СВД.

Рисунок показує, як значно може впливати температура на світловий потік.

Як видно, збільшення температури переходу до 75°C може визвати рівень світлового потоку, зменшеного на половину від його значення за кімнатної температури.

Із цього ясно, що температурний вплив на світловий потік повинен враховуватись при конструюванні СВД збірки (модуля).

Температура переходу СВД також впливає на їх домінантну довжину хвилі або відчущуємий колір.

Рівняння для домінантної довжини хвилі λ_d як функції температури є

$$\lambda_d(T_2) = \lambda_d(T_1) + \Delta T_j \cdot 0,1 \text{ (нм/}^{\circ}\text{C)}, \quad (2)$$

де $\lambda_d(T_1)$ – домінантна довжини хвилі при температурі переходу T_1 ,

$\lambda_d(T_2)$ – домінантна довжина хвилі при температурі переходу T_2 .

Правило, яке легко запам'ятати, таке: домінантна довжина хвилі буде збільшуватися на один нанометр для кожних 10°C зростання температури переходу. В більшості конструкцій червоних автомобільних сигнальних ламп ця зміна кольору не є важливою, оскільки дозволений діапазон кольору є дуже великим (приблизно 90 нм). Проте для деяких янтарних (жовтих) автомобільних сигнальних ламп цей зсув кольору має значення і повинен враховуватись там, де дозволяється діапазон кольору малим (приблизно 5÷10 нм) в залежності від регіональних специфікацій).

СВД типа поміщується в капсулу із оптично прозорої епоксидної смоли. За певної підвищеної температури, відомої як температура переходу скла T_q , епоксидні смоли трансформуються з жорсткої, склоподібної твердої маси в резинову речовину. Значна зміна коефіцієнта теплового розширення (КТР) головним чином пов'язана з T_q .

T_q обчислюється як середня точка температурного діапазону в якому ця зміна в КТР відбувається (див. рис. 2).

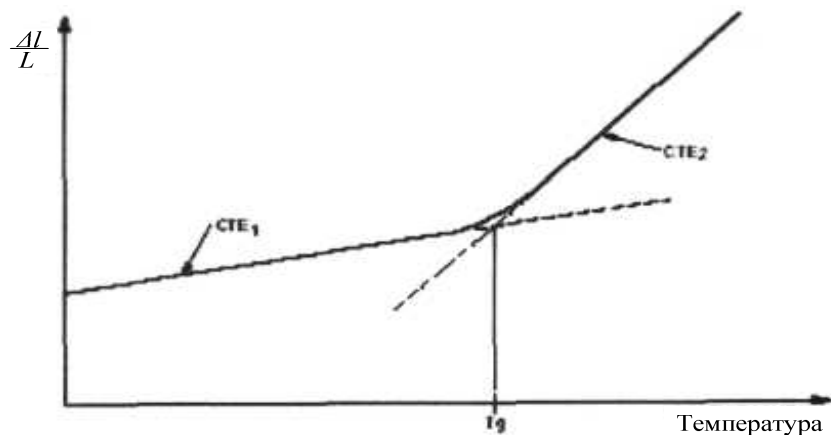


Рис. 2 Залежність розширення – температура для СВД з прозорою епоксидною капсулою.

Щоб запобігти руйнуванню СВД модулів необхідно, щоб температура переходу ΔT_j повинно бути нижчою T_q – температури епоксидного покриття. Для СВД високої яскравості $T_{j(\max)} = 125^{\circ}\text{C}$.

Якщо температура переходу досягає значення $T_{j(\max)}$, КТС епоксидної капсули буде постійно і значно змінюватись.

Більший коефіцієнт теплового розширення визиває в епоксидній капсулі розширення і скорочення в більшій мірі під час температурних змін. Це визиває більше зміщення провідних зв'язків в середині СВД модуля, результатом якого є

передчасне зношення і ламання провідників. Ламання провідникових зв'язків приводить до відкритого руйнування.

Тепловий опір пов'язаний з провідністю тепла, точно так електричний опір пов'язаний з провідністю електрики. Тепловий опір може бути визначеним відповідно до рівняння

$$R_Q = \frac{\Delta T}{q_x} \quad (3)$$

де R_Q – тепловий опір між двома точками;

ΔT – різниця температур між двома точками;

q_x – величина теплового переносу між даними двома точками.

Тепловий опір сигнальної лампи СВД (тепловий опір перехід – зовнішнє середовище, або R_{Qia}) складається із двох первинних складових: теплового опору СВД модуля (тепловий опір перехід – вивід, або R_{Qip}) і теплового опору корпусу лампи (тепловий опір вивід – зовнішнє середовище, або R_{Qpa}).

Ці дві складові теплового опору послідно складаються для всієї конфігурації, тобто

$$R_{Qia} = R_{Qip} + R_{Qpa} \quad (4)$$

(СВД сигнальної лампи) (СВД емітер) (корпус лампи)

Це показано графічно на рис. 3.

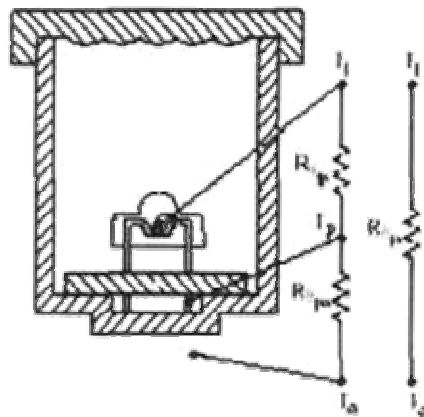


Рис. 3. Графічне представлення складових теплового опору.

Оцінка температури переходу і прямого струму.

Первинною турботою, коли оцінюються теплові характеристики СВД збірки є гарантування, що температура переходу СВД підтримується нижче визначеного максимального значення (125°C для надыскрипів СВД). Є три фактори, які визначають температуру переходу:

- 1) температура зовнішнього середовища;
- 2) R_{Qia} ;
- 3) потужність в СВД.

Нижче наведено прилад обчислення температури переходу який ілюструє, як ці три фактори взаємодіють між собою

$$T_j = (R_{Qia}, P_{\text{СВД}}) + T_a = (R_{Qia} I_{\text{fСВД}} V_{\text{fСВД}}) + T_a \quad (5)$$

Типові значення $T_{a(\text{max})}$ показані в таблиці 2.

Таблиця 2.

Типові $T_{a(max)}$ значення для автомобільних сигнальних ламп	
Застосування	Типове $T_{a(max)}$ °C
Сигнальна лампа з зовнішнім влаштуванням	7 ⁰
Внутрішнє влаштована CHMSL	8 ⁰
Внутрішнє влаштована (head-liner) CHMSL	9 ⁰

Для визначення найгіршого випадку найвищої температури переходу, це рівняння стає

$$T_{jmax} = (R_{Qja} \cdot P_{СВДmax}) + T_{a(max)} = (R_{Qja} I_{fmax} V_{fmax}) + T_{a(max)} \leq 125^{\circ}\text{C}.$$

На рис. 4 представлена залежність максимального прямого струму від температури зовнішнього середовища при різних значеннях R_{Qja} .

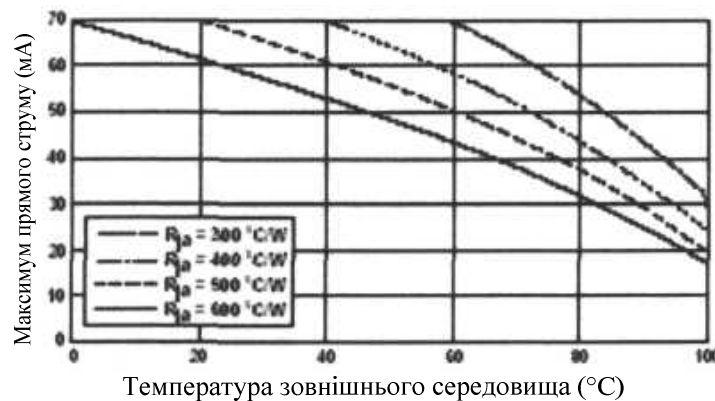


Рис. 4. Залежність прямого струму від температури зовнішнього середовища

Співвідношення між світловим виходом і прямим струмом для різних теплових опорів показана на рис. 5. Для СВД збірок з низькими тепловими опорами ($R_{Qja}=200^{\circ}\text{C/см}$) відносний потік збільшується майже пропорційно прямому струму. Проте, для СВД збірок з високими тепловими опорами ($R_{Qja}=600^{\circ}\text{C/см}$) відносний потік може дійсно зменшуватися із збільшенням прямого струму. Для збірок з високим R_{Qja} має місце значний нагрів, в результаті якого мають місце високі температури переходів. В цих випадках, ефекти збільшення температури переходу може компенсувати ефекти збільшення прямого струму.

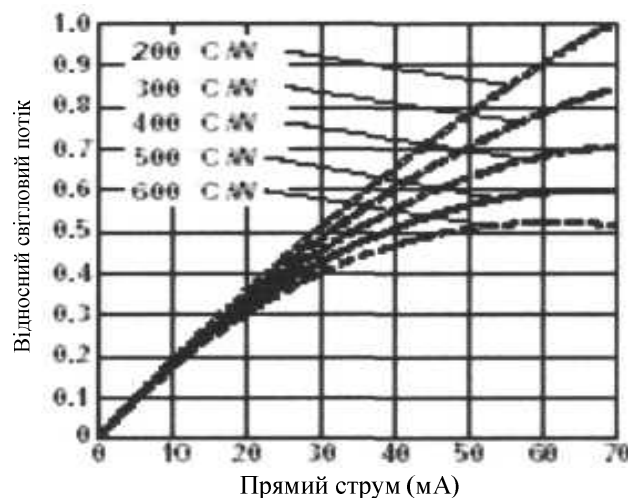


Рис. 5. Прямий струм (мА) Залежність відносного світлового потоку від прямого струму.

Література

1. Шуберт Ф. Светодиоды / Пер. с англ. Под. Ред А.Э. Юновича. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 496с.

ТЕМПЕРАТУРА ЗАВИСИМОСТИ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДОВ

Назаренко Л.А.

В статье рассмотрена зависимость фотометрических характеристик светодиодов от температуры. Особое внимание уделено температуре перехода светоизлучательных диодов.

THE TEMPERATURE OF DEPENDENCE OF LIGHTING CHARACTERISTICS OF
LIGHT-EMITTING DIODES

Nazarenko L.A.

It is considered dependence of photometric characteristics of light-emitting diodes on temperature. The special attention is given to temperature of transition light-emitting diodes.